



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
CONFÉDÉRATION SUISSE
CONFEDERAZIONE SVIZZERA

REC'D 29 JUL 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Die beiliegenden Akten stimmen mit den ursprünglichen technischen Unterlagen des auf der nächsten Seite bezeichneten Patentgesuches für die Schweiz und Liechtenstein überein. Die Schweiz und das Fürstentum Liechtenstein bilden ein einheitliches Schutzgebiet. Der Schutz kann deshalb nur für beide Länder gemeinsam beantragt werden.

Attestation

Les documents ci-joints sont conformes aux pièces techniques originales de la demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein spécifiée à la page suivante. La Suisse et la Principauté de Liechtenstein constituent un territoire unitaire de protection. La protection ne peut donc être revendiquée que pour l'ensemble des deux Etats.

Attestazione

I documenti allegati sono conformi agli atti tecnici originali della domanda di brevetto per la Svizzera e il Liechtenstein specificata nella pagina seguente. La Svizzera e il Principato di Liechtenstein formano un unico territorio di protezione. La protezione può dunque essere rivendicata solamente per l'insieme dei due Stati.

Bern, 1. MAI 2003

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum
Institut Fédéral de la Propriété Intellectuelle
Istituto Federale della Proprietà Intellettuale

Patentverfahren
Administration des brevets
Amministrazione dei brevetti

H. Jenni
Heinz Jenni

Patentgesuch Nr. 2002 1406/02

HINTERLEGUNGSBESCHEINIGUNG (Art. 46 Abs. 5 PatV)

Das Eidgenössische Institut für Geistiges Eigentum bescheinigt den Eingang des unten näher bezeichneten schweizerischen Patentgesuches.

Titel:

Intermetallisches Material und Verwendung dieses Materials.

Patentbewerber:

ALSTOM (Switzerland) Ltd
Brown Boveri Strasse 7
5401 Baden

Anmeldedatum: 16.08.2002

Voraussichtliche Klassen: C22C, C22F

10 **Intermetallisches Material und Verwendung dieses Materials**

TECHNISCHES GEBIET

15 Die Erfindung betrifft ein intermetallisches Material gemäss den Ansprüchen 1 bis 3 und um die Verwendung dieses Material als Filz und als Hochtemperaturschutzschicht gemäss den Ansprüchen 4 und 5.

STAND DER TECHNIK

20 Die Leit- und Laufschaufeln von Gasturbinen sind starken Belastungen ausgesetzt. Um die Leckageverluste der Gasturbine klein zu halten wird beispielsweise das Lauf-
rad der Gasturbine mit einem sehr kleinen Spiel zum Stator eingepasst, so dass es zum Anstreifen kommt. An dem Stator der Gasturbine ist eine Honigwabenstruktur angebracht. Die Honigwabenstruktur besteht aus einer warmfesten Metallegierung.
25 Eine weitere Bauart sind glatte, beschichtete oder unbeschichtete Wärmestausegmente (WSS), welche der rotierenden Schaufel am Aussenradius radial gegenüberstehen. Die Schaufelspitze reibt dann gegen diese Wärmestausegmente. Um zu verhindern, dass die Schaufelspitze selbst abgerieben wird, kann sie beschichtet sein, um dann in einer grösseren Masse die Wärmestausegmente abzureiben.
30 Nachteilig ist aber bei dieser Ausführungsform, dass die Beschichtung nur eine begrenzte Haftbarkeit an der Turbinenschaufel hat. Zudem ist nachteilig, dass Kühlluftbohrungen, mit welchen entweder das Wärmestausegment und/oder die Schaufel versehen sein können, beim Reiben verstopft werden.

Aus den Schriften DE-C2 32 35 230, EP-132 667 oder DE-C2-32 03 869 ist es bekannt, Metallfilze an verschiedenen Stellen von Gasturbinenkomponenten einzusetzen, so z.B. an der Spitze einer Turbinenschaufel (DE-C2-32 03 869), zwischen einem Metallkern oder einer keramischen Aussenhaut (DE-C2 32 35 230) oder als Mantel der Turbinenschaufel (EP-B1-132 667). Diese Ausführungen haben aber den Nachteil, dass der eingesetzte Metallfilz eine ungenügende Oxidationsbeständigkeit aufweist. Die Erhöhungen der Heissgastemperaturen, beispielsweise in heutigen Gasturbinen, führen dazu, dass die eingesetzten Materialien immer höheren Anforderungen genügen müssen. Die Metallfilze in den erwähnten Schriften erfüllen aber die Anforderung an heutige Massstäbe nicht mehr, insbesondere in bezug auf eine notwendiges Mass an Oxidationsbeständigkeit.

Aus US-B1-6,241,469, US-B1-6,312,218, DE-A1-199 12 701, EP-A2-0 916 897 und EP-A2-1 076 157 sind Metallfilze, welche sich aus einer intermetallischen Legierung zusammensetzen, bekannt geworden. Diese Filze bestehen aus gesinterten und gepressten intermetallischen Fasern und weisen durch die intermetallischen Phasen gegenüber den o.g. Materialien deutlich verbesserte Materialeigenschaften in bezug auf Festigkeit, Oxidationsbeständigkeit, Verformbarkeit und Abreibbarkeit auf. Metallische Hochtemperaturfasern sind auch im *VDI-Bericht 1151, 1995 (Metallische Hochtemperaturfasern durch Schmelzextraktion – Herstellung, Eigenschaften, Anwendungen)* beschrieben worden.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung, wie sie in den unabhängigen Ansprüchen gekennzeichnet ist, löst die Aufgabe, die Materialeigenschaften von intermetallischen Legierungen noch weiter zu verbessern, so dass sie als Filz oder als Hochtemperaturschutzschicht an thermisch stark belasteten Gasturbinenbauteilen eingesetzt werden können. Durch eine entsprechende Wahl der Zusammensetzung der intermetallischen Legierung soll sie eine ausreichende Festigkeit, Oxidationsbeständigkeit, Verformbarkeit, Abreibbarkeit und ausreichende schwingungsdämpfende Eigenschaften besitzen.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auch auf ein Intermetallisches Material bestehend aus folgender Zusammensetzung (Gew.-%) 8-15% Al, 15-25% Cr, 20-40% Co, 0-5% Ta, 0-0.03% La, 0-0.5% Y, 0-1.5% Si, 0-1% Hf, 0-0.2% Zr, 0-0.2% B, 0.01% C, 0-4% Fe, Rest Ni und unvermeidbare Verunreinigungen, insbesondere aus

5 (Gew.-%) 12% Al, 22% Cr, 36% Co, 0.2% Y, 0.2% Hf, 3% Fe, Rest Ni und unvermeidbare Verunreinigungen oder aus 10% Al, 22% Cr, 36% Co, 0.2% Y, 0.2% Hf, 2% Ta, 3% Fe, Rest Ni und unvermeidbare Verunreinigungen.

Ein solches intermetallisches Material kann aufgrund der Materialeigenschaften vorteilhaft als Hochtemperaturbeschichtung von beispielsweise den Turbinenschaufeln oder anderen Bauteilen eingesetzt werden.

10

Auch die Verwendung als intermetallischer Filz an reibungsbehafteten Komponenten in thermischen Turbomaschinen ist denkbar. Es kann sich dabei beispielsweise um den Rotor oder Stator, die Spitze einer Turbinenschaufel, um die der Turbinenschaufel gegenüberliegend angeordneten Wärmestausegmente oder um die Plattform der Turbinenschaufel handeln. Ein weiterer Vorteil entsteht, wenn der intermetallische Filz mit einem keramischen Material überzogen ist, da auf der rauhen Oberfläche des intermetallischen Filzes eine sehr gute Haftbarkeit des keramischen Materials erzielt wird. Dadurch erhält beispielsweise die Spitze der Leit- oder Laufschaufel einen guten Schutz gegen thermische und gegen durch Reibung bedingte mechanische Einwirkungen. Ein weiterer Vorteil entsteht dadurch, dass Kühlluftbohrungen durch den Abrieb während des Betriebes nicht verstopfen, da es sich um ein poröses Material handelt. Zudem hat der intermetallische Filz auch ausreichende schwingungsabsorbierende Eigenschaften.

15

20

25

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die Erfindung wird an Hand der beiliegenden Zeichnungen erläutert, in denen

30

Fig. 1 eine Ausführungsform einer erfindungsgemässen Turbinenschaufel mit einem intermetallischen Filz an der Spitze zeigt,

- Fig. 2** eine Ausführungsform einer Gasturbine mit Wärmestausegmenten, welche der Leit- bzw. Laufschaufel gegenüberliegend angeordnet sind und aus einem intermetallischen Filz bestehen, darstellt,
- Fig. 3** eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemässen Turbinenschaufel, wobei der intermetallische Filz auf der Plattform der Turbinenschaufel angeordnet ist, darstellt,
- Fig. 4** eine Variante der zweiten Ausführungsform des Details IV der Figur 3, wobei der intermetallische Filz zwischen den Turbinenschaufeln auf den Plattformen der Turbinenschaufeln auf einer tragenden Grundstruktur angeordnet ist, darstellt,
- Fig. 5** ein erfindungsgemässes Wärmestausegment mit einer tragenden Grundstruktur gemäss dem Ausschnitt V in der Fig. 2 zeigt,
- Fig. 6** einen Schnitt durch das Wärmestausegment gemäss der Linie VI-VI in der Fig. 5 darstellt,
- Fig. 7** eine Darstellung des Oxidationsverhaltens von verschiedenen Materialien bei einer Temperatur von 1050°C zeigt und
- Fig. 8** eine Darstellung des Oxidationsverhaltens von verschiedenen Materialien bei einer Temperatur von 1200°C zeigt.
- Es sind nur die für die Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt. Gleiche Elemente sind in unterschiedlichen Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

- In der Figur 1 ist eine Turbinenschaufel 1 mit einer Spitze 11, einem Schaufelblatt 14, einer Plattform 12 und einem Schaufelfuss 13 dargestellt. Es kann sich dabei beispielsweise um eine Leit- oder eine Laufschaufel einer Gasturbine oder eines Verdichters handeln. An der Spitze 11 dieser Turbinenschaufel 1 ein erfindungsgemässer intermetallischer Filz 2 angeordnet. Der intermetallische Filz 2 wurde auf der Basis eines Ni-Co-Aluminides hergestellt. Um eine ausreichende Festigkeit, Oxidationbeständigkeit und Verformbarkeit zu erreichen, sind die Elemente Ta, Cr, Y, B

und Zr zugegeben. In der Tab. 1 ist die erfindungsgemässe Zusammensetzung des Ni-Co-Aluminides angegeben.

Zusammensetzung der erfindungsgemässen intermetallischen Legierung

5 (angegeben ist eine Ni-Co-Aluminid)

Nickel-Cobalt-Aluminide (Angaben in Gew. -%)												
Ni	Al	Cr	Co	Ta	Y	Si	C	La	Hf	Zr	B	Fe
Rest	8-15%	15-25%	20-40%	0-5%	0-0.5%	0-1.5%	0-0.1%	0-0.03%	0-1%	0-0.2%	0-0.2%	0-4%

Tab. 1

10 Der Vorteil der intermetallischen Filze 2 ist die deutlich verbesserte Oxidationsbeständigkeit. Aus den Fig. 7 und 8 ist die Oxidation verschiedener Materialien im Vergleich mit den kommerziellen Nickelbasislegierungen Hastelloy X, Haynes 230, Haynes 214 und der Legierung SV349 ersichtlich. Die Tab. 2 gibt die Zusammensetzung der Versuchslegierungen wieder.

15 Zusammensetzung von Versuchslegierungen (Angaben in Gew.-%)

Bez.	Ni	Cr	Co	Mo	W	Fe	Mn	Si	C	Al	Ta	Y	Zr	Hf	La
Hastelloy X	bal	22	1.5	9	0.6	18.5	0.5	0.5	0.1	0.3	—	—	—	—	—
Haynes 230	bal	22	3	2	14	3	0.5	0.4	—	—	—	—	—	—	0.02
Haynes 214	bal	16	—	—	—	3	—	—	—	—	—	0.01	—	—	—
SV349	bal	13	30	—	—	—	—	1.2	—	11.5	0.5	0.3	—	—	—
IM14	bal	22	—	—	—	3	—	—	—	10	—	0.2	—	—	—
IM15	bal	9	—	—	—	1.6	—	—	—	27	2	0.2	0.2	—	—
IM 28	bal	22	36	—	—	3	—	—	—	12	—	0.2	—	0.2	—
IM 29	bal	22	36	—	—	3	—	—	—	10	2	0.2	—	0.2	—

Tab. 2

Die Figur 8 zeigt die Gewichtszunahme der in Tab. 2 angegebenen in $[\text{mg}/\text{cm}^2]$ über eine Zeit von 12 Stunden bei einer Temperatur von 1200°C . Die Gewichtszunahme

ist stellvertretend für die Oxidation der Materialien aufgetragen. Aus der Fig. 8 wird ersichtlich, dass die Vergleichslegierung Hastelloy X schon nach einer kurzen Zeit von ca. 100 min. bis ca. 300 min. eine doppelte Gewichtszunahme aufweist. Mit fortschreitender Zeit steigt die Gewichtszunahme der Hastelloy X kontinuierlich weiter, während sich die intermetallischen Filze IM14 und IM15 auf einen konstanten Wert zwischen $0.6 - 0.8 \text{ mg/cm}^2$ einstellen, während die beiden Legierungen IM 28 und 29 noch darunter liegen. Es wird deutlich, dass die Oxidationsbeständigkeit bei den intermetallischen Filzen wesentlich verbessert ist, da sich eine konstante Oxidschicht gebildet hat. Für die erfindungsgemäße Verwendung des intermetallischen Filzes an reibungsbehafteten Stellen einer thermischen Turbomaschine ist die Oxidationsbeständigkeit einer der wichtigsten Faktor für die Lebensdauer der ganzen Komponente. Die beiden Legierungen IM 28 und 29 unterscheiden sich durch einen Co-Anteil in einem Bereich von 20 bis 40%. Dies steigert die Oxidationsbeständigkeit des intermetallischen Material noch weiter.

Die Fig. 7 zeigt eine mit der Fig. 8 vergleichbare Darstellung, jedoch wurden die Versuche bei einer Temperatur von 1050°C durchgeführt.

Um die Festigkeit dieser Turbinenschaufel 1 der Figur 1 an der Spitze 11 noch zu erhöhen, kann der intermetallische Filz 2 mit einem keramischen Material 3 überzogen werden, beispielsweise mit einem TBC (Thermal Barrier Coating). Es handelt sich bei TBC um ein mit Y stabilisiertes Zr-Oxid. Gleichwertige Materialien sind aber ebenso denkbar. Das keramische Material 3 kann auf den intermetallischen Filz 2 aufgespritzt werden, es hat durch die unebene Oberfläche des intermetallischen Filzes 2 einen sehr guten Halt auf ihm und eine gute Oxidationsbeständigkeit. Das keramische Material 3 ist ein guter Schutz gegen thermische und mechanische, beispielsweise reibungsbedingte Einwirkungen. Vorteilhaft können Kühlluftbohrungen, welche in der Turbinenschaufel 1 oder am Rotor/Stator 4 vorhanden sein können, nicht verstopfen, da es sich bei dem intermetallischen Filz 2 um ein poröses Material handelt.

In der Figur 2 ist eine weitere Ausführungsform dargestellt. Die Figur 2 zeigt schematische eine Darstellung einer Gasturbine mit einem Rotor 4a, einem Stator 4b. An dem Rotor 4a sind Laufschaufeln 6, an dem Stator 7 sind Leitschaufeln 7 befestigt. Am Rotor 4a bzw. am Stator 4b sind üblicherweise dem Leit-/Laufschaufeln 6,7 gegenüberliegend Wärmestausegmente 8 angeordnet. Erfindungsgemäss können diese Wärmestausegmente 8 ebenfalls ganz oder teilweise aus einem intermetallischen Filz bestehen. Durch die porösen Eigenschaften ist eine verbesserte Kühlung an dieser Stelle auch dann möglich, wenn es zu einem Abrieb gekommen ist, da die poröse Struktur des intermetallischen Filzes ein Verstopfen verhindert. Der Abrieb kann wie bereits beschrieben durch eine Schicht aus TBC verringert werden. Das Bauteil kann auch unter der TBC Schicht gekühlt sein, da das Kühlmedium seitlich durch den porösen Filz entweichen kann.

Die Figur 5 zeigt ein erfindungsgemässes Wärmestausegment 8 gemäss dem Ausschnitt V in der Figur 2. Der intermetallische Filz 2 wurde an einer tragenden Grundstruktur 5 angebracht. Die tragenden Grundstruktur 5 weist Befestigungsmittel 9 auf, welche zur Befestigung am in der Figur 5 nicht dargestellten Rotor 4a bzw. Stator 4b dienen. Die seitlichen Befestigungsmittel 9 sind durch Streben 10 miteinander verbunden. Zwischen den Streben 10 ist auf der Seite, welche den Turbinenschaufeln zugewandt ist, der intermetallische Filz 2 eingesetzt und mit ihm mechanisch verbunden. Dies kann beispielsweise durch Löten, Schweissen oder durch Eingiessen geschehen. Aus Haltbarkeitsgründen sollte der Filz stoffschlüssig an der tragenden Grundstruktur 5 befestigt sein.

Die Figur 6 zeigt den Schnitt VI-VI der Figur 5. Dort ist ersichtlich, dass die die beiden Befestigungsmittel 9 verbindenden Streben 10 den intermetallischen Filz 2 nicht durchdringen, sondern der intermetallische Filz 2 lediglich an ihnen befestigt ist. Wie aus der Figur 6 ersichtlich ist, kann, um die Temperaturbeständigkeit des Wärmestausegments 8 noch zu erhöhen, der intermetallische Filz 2 wiederum mit einem keramischen Material 3 überzogen werden, beispielsweise mit einem TBC (Thermal Barrier Coating). Gleichwertige Materialien sind aber ebenso denkbar. Wie bei der

Turbinenschaufel 1 der Figur 1 bleibt eine Kühlwirkung auch bei einem Abrieb erhalten, da es zu keinem Verstopfen des intermetallischen Filzes 2 kommt.

5 Zu verbesserten Kühlzwecken ist der intermetallische Filz im Ausführungsbeispiel in der Figur 3 auf der Plattform 12 der Turbinenschaufel 1 der thermischen Turbomaschine angebracht. Auch hier macht es Sinn, wie bereits bei den Figur 1,2,5 und 6 beschrieben, den Filz 2 mit einem keramischen Material 3 zu überziehen. Das hat den Vorteil, dass das TBC besonders gut auf dem intermetallischen Filz haftet und der Filz oxidationsbeständig ist. Es wird keine zusätzliche Bindeschicht (z.B. MCrAlY)
10 benötigt. In der Figur 3 ist dies neben der rechten Turbinenschaufel 1 dargestellt. Das TBC dient auch als Schutz gegen Abnutzung.

Figur 4 zeigt eine zweite Variante des Ausführungsbeispiels des Details IV aus Figur 3. Zwischen zwei Turbinenschaufeln 1 – auf der Plattform 12 der Turbinenschaufel 1 – ist der intermetallische Filz 2 auf einer tragenden Grundstruktur 5, bestehend aus einem Gussteil oder einem anderen Metall, befestigt. Die tragende
15 Grundstruktur 5 kann auch aus verschiedenen Kammern bestehen, um eine optimale Luftzufuhr zum intermetallischen Filz 2 zu gewährleisten.

20 Der intermetallischen Filzes kann auch an Stellen innerhalb der Gasturbine eingesetzt werden, die schwingungsbehaftet sind, da der Filz neben der erwähnten Oxidationsbeständigkeit zudem sehr gute schwingungsdämpfende Eigenschaften besitzt.

Ein erfindungsgemässes intermetallisches Material kann aufgrund der Materialeigenschaften vorteilhaft auch als Hochtemperaturbeschichtung 15 an den Turbinenschaufeln oder anderen Bauteilen eingesetzt werden. Wie aus den beiden Fig. 8 und 7 ersichtlich, haben die beiden Legierungen im Gegensatz zu der Legierung SV 349 ebenfalls verbesserte Eigenschaften in bezug auf die Oxidation. Für eine solche Turbinenschaufel sind verschiedene Beschichtungsverfahren aus dem Stand der
30 Technik bekannt, um die Schutzschicht aufzutragen, beispielsweise ist ein Plasma-Spritz-Verfahren. Dabei wird ein aus dem aufzutragenden Material bestehendes, metallisches Pulver in eine Flamme oder einen Plasmastrahl eingeführt. Dieses Pul-

10

- | | | |
|----|----|--------------------------------------|
| 15 | 1 | Turbinenschaufel |
| | 2 | Intermetallischer Filz |
| | 3 | Keramischer Überzug |
| | 4 | Rotor bzw. Stator |
| | 4a | Rotor |
| 20 | 4b | Stator |
| | 5 | Tragende Grundstruktur |
| | 6 | Laufschaufel |
| | 7 | Leitschaufel |
| | 8 | Wärmestausegment |
| 25 | 9 | Befestigungsmittel |
| | 10 | Streben |
| | 11 | Spitze der Turbinenschaufel 1 |
| | 12 | Plattform |
| | 13 | Schaufelfuss der Turbinenschaufel 1 |
| | 14 | Schaufelblatt der Turbinenschaufel 1 |
| | 15 | Hochtemperaturbeschichtung |

PATENTANSPRÜCHE

1. Intermetallisches Material bestehend aus folgender Zusammensetzung (Gew.-%)
8-15% Al, 15-25% Cr, 20-40% Co, 0-5% Ta, 0-0.03% La, 0-0.5% Y, 0-1.5% Si, 0-
5 1% Hf, 0-0.2% Zr, 0-0.2% B, 0-0.1% C, 0-4% Fe, Rest Ni und unvermeidbare
Verunreinigungen.
2. Intermetallisches Material nach Anspruch 1, bestehend aus folgender Zusam-
mensetzung (Gew.-%) 12% Al, 22% Cr, 36% Co, 0.2% Y, 0.2% Hf, 3% Fe, Rest
10 Ni und unvermeidbare Verunreinigungen.
3. Intermetallisches Material nach Anspruch 1, bestehend aus folgender Zusam-
mensetzung (Gew.-%) 10% Al, 22% Cr, 36% Co, 0.2% Y, 0.2% Hf, 2% Ta, 3%
15 Fe, Rest Ni und unvermeidbare Verunreinigungen.
4. Verwendung eines intermetallischen Materials gemäss einem der Ansprüche 1
bis 3 als Hochtemperaturbeschichtung (15) in thermischen Turbomaschinen.
5. Verwendung eines intermetallischen Materials gemäss einem der Ansprüche 1
20 bis 3 als Filz an reibungsbehafteten Komponenten in thermischen Turbomaschi-
nen.
6. Verwendung eines intermetallischen Filzes gemäss Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
25 der intermetallische Filz an einem Rotor (4,4a) oder Stator (4,4b) angeordnet ist.
7. Verwendung eines intermetallischen Filzes gemäss Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
30 die Komponente (1, 8) eine Turbinenschaufel (1) ist und die Spitze (11) der Tur-
binenschaufel (1) mit einem intermetallischen Filz (2) ausgestattet ist.

- 5

- 10

- 15

11. Verwendung eines intermetallischen Filzes gemäss Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Filz an schwingungsbehafteten Komponenten in thermischen Turbomaschinen eingesetzt wird.

ZUSAMMENFASSUNG

Offenbart ist ein intermetallisches Material bestehend aus folgender Zusammensetzung (Gew.-%) 8-15% Al, 15-25% Cr, 20-40% Co, 0-5% Ta, 0-0.03% La, 0-0.5% Y, 5 0-1.5% Si, 0-1% Hf, 0-0.2% Zr, 0-0.2% B, 0-0.1% C, 0-4% Fe, Rest Ni und unvermeidbare Verunreinigungen. Auch die Verwendung als Hochtemperaturschutzschicht und an reibungs- oder schwingungsbehafteten Stellen von thermischen Turbomaschinen ist beschrieben.

10

15 (Fig. 1)

Fig. 1

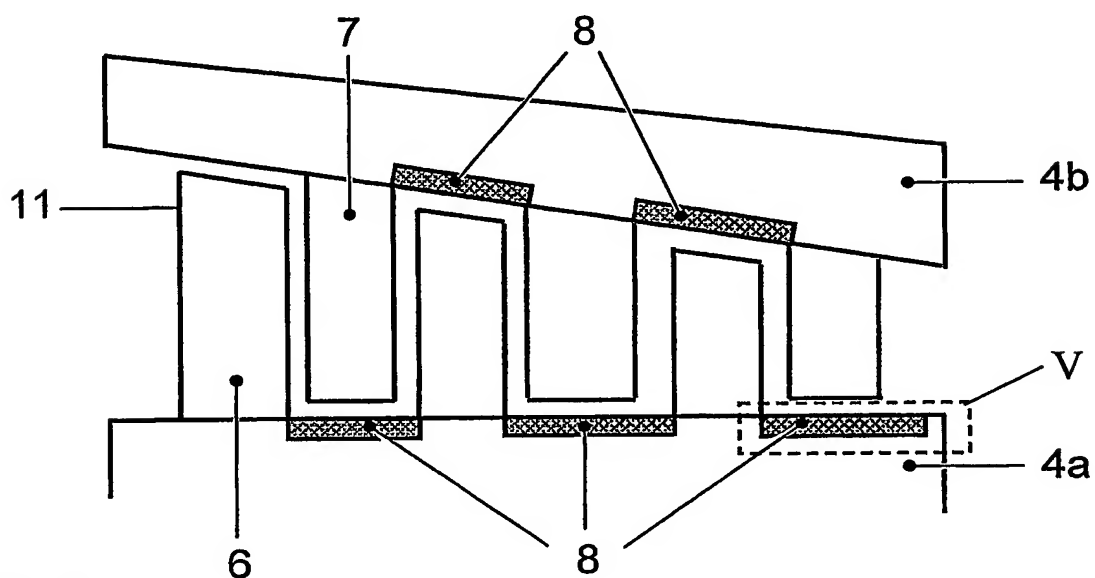
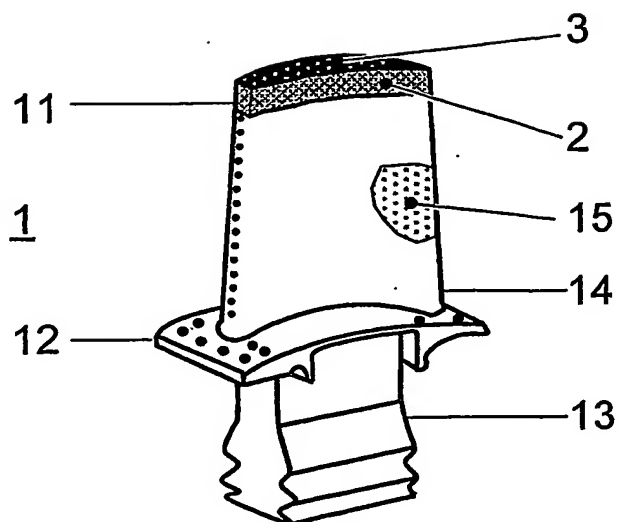
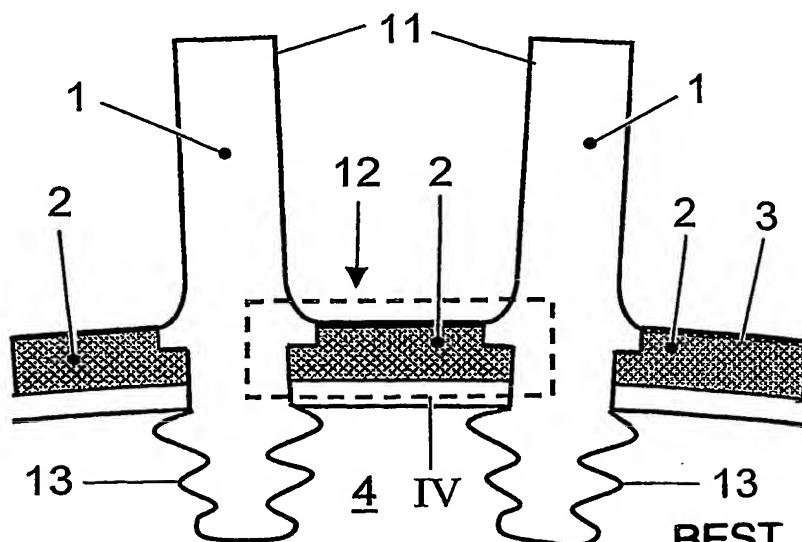


Fig. 2



BEST AVAILABLE COPY

2/4

Unveränderliches Exemplar
Exemplaire invariable
Esemplare Immutabile

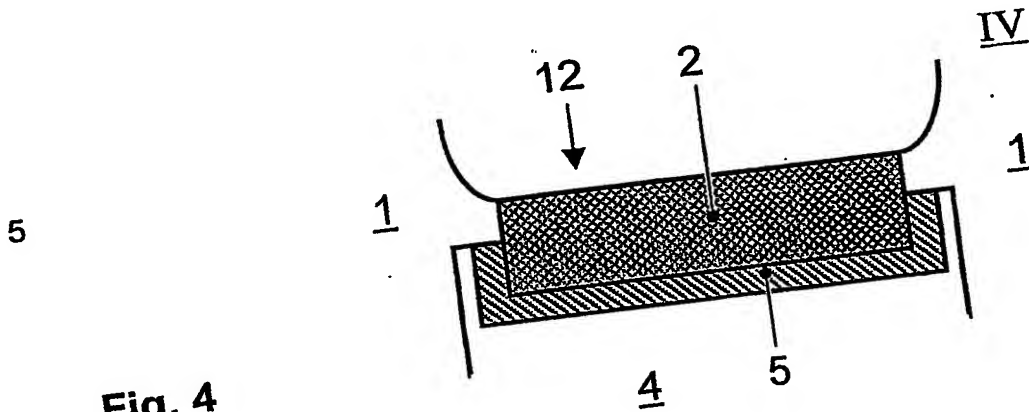


Fig. 4

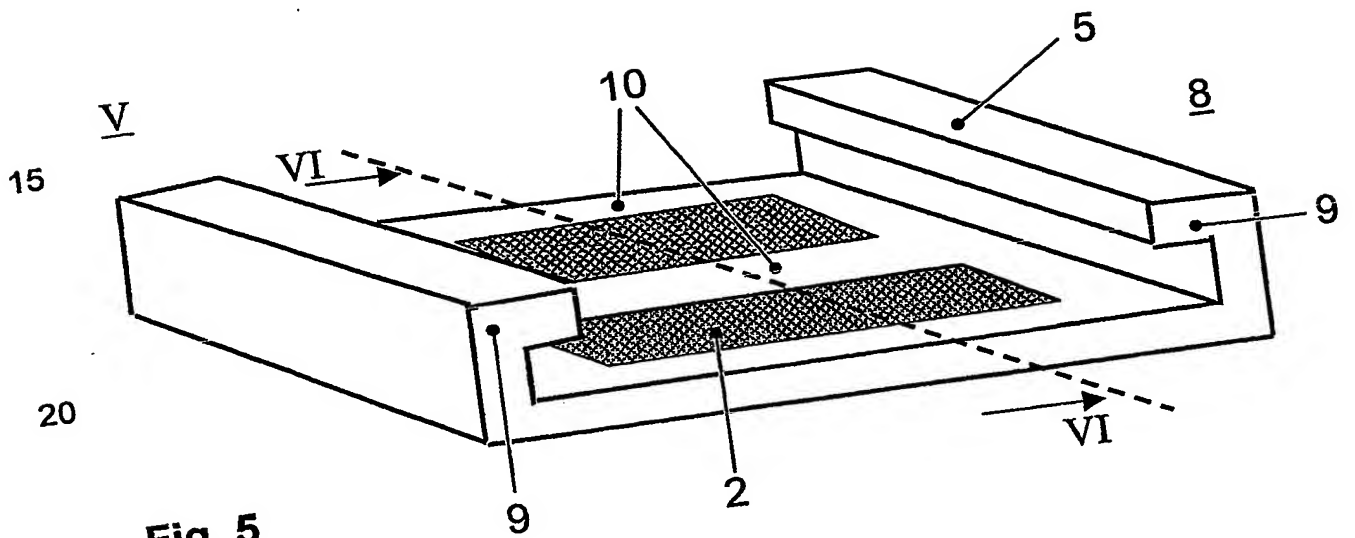


Fig. 5

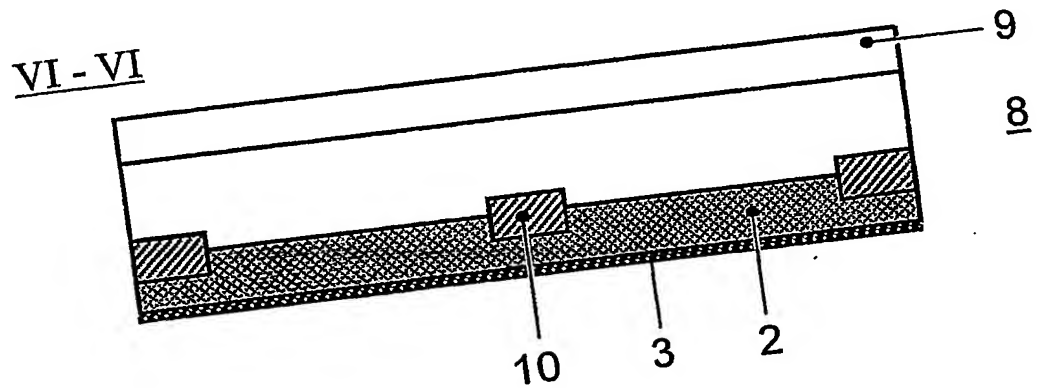


Fig. 6

BEST AVAILABLE COPY

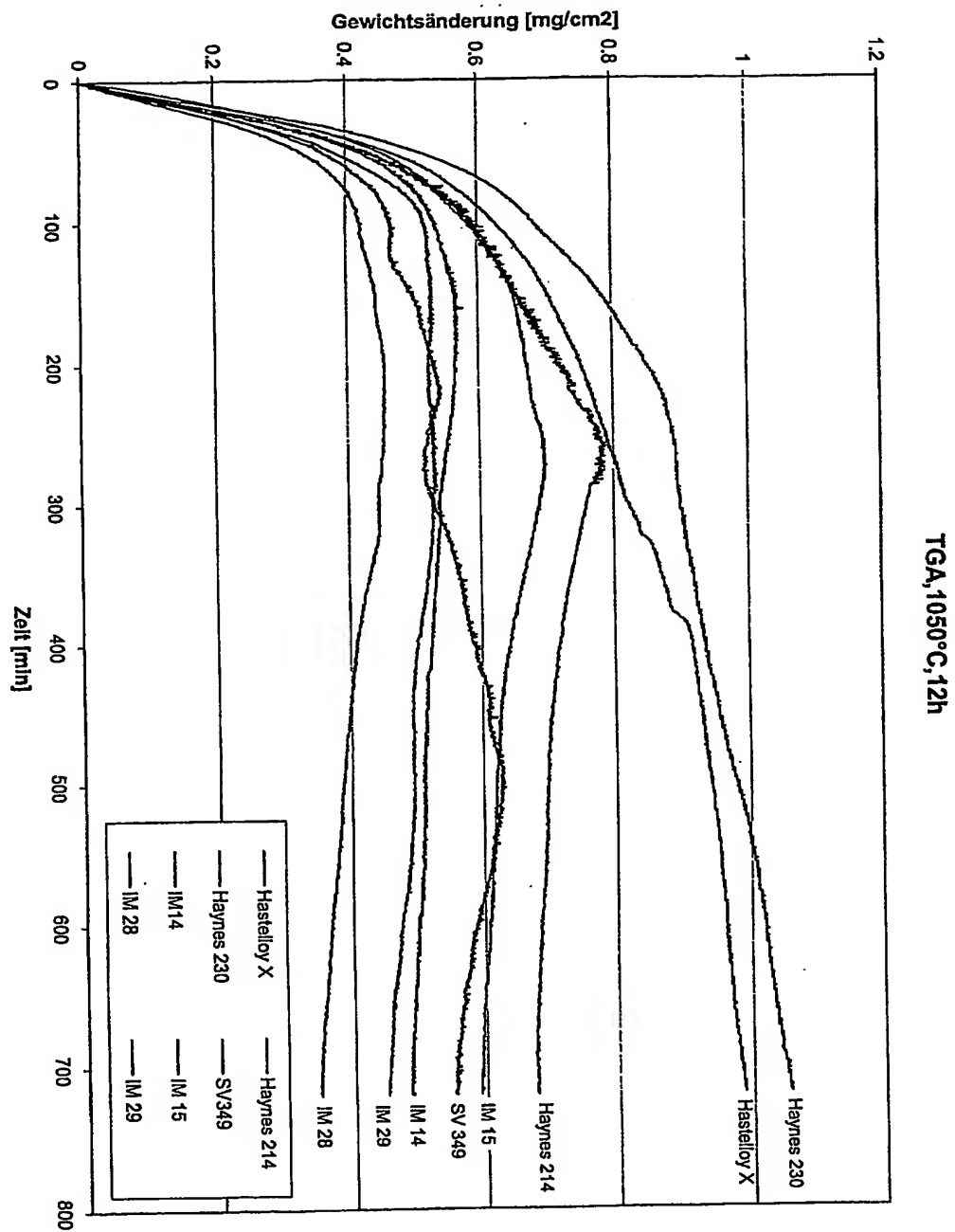


Fig. 7

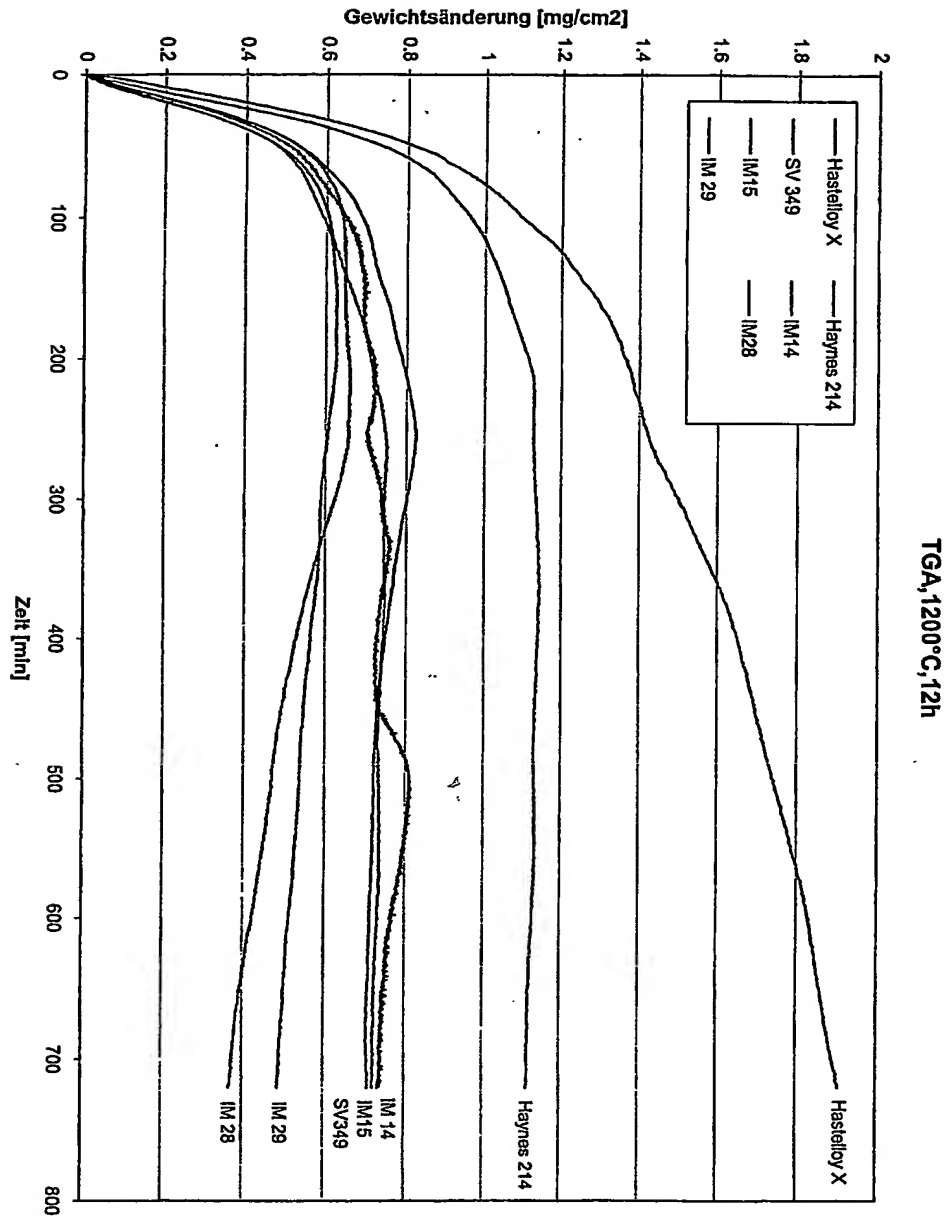


Fig. 8